



TITLE:

高次視覚特徴に対するワーキング メモリの特性に関する研究(Abstract_要旨)

AUTHOR(S):

津田, 裕之

CITATION:

津田, 裕之. 高次視覚特徴に対するワーキングメモリの特性に関する研究. 京都大学, 2019, 博士(人間・環境学)

ISSUE DATE:

2019-03-25

URL:

<https://doi.org/10.14989/doctor.k21858>

RIGHT:

学位規則第9条第2項により要約公開

(続紙 1)

京都大学	博士 (人間・環境学)	氏名	津田 裕之
論文題目	高次視覚特徴に対するワーキングメモリの特性に関する研究		
(論文内容の要旨)			
<p>人間が外界を認識し適応的に行動するために不可欠な視覚情報処理においてワーキングメモリは中心的な役割を果たす。ワーキングメモリは複雑で多様な視覚世界の中で限られた処理資源で環境に適応するために獲得されてきたと考えられる。既存の研究は極めて単純な刺激を用いて精緻な理論モデルを構築してきたが、生態学的に重要な複雑な視覚情報に関する知見は限られている。本論文は、バイオロジカルモーションや物体の表面質感といった生態学的に重要な意義を持つ刺激材料を取り上げ、高次視覚特徴に対するワーキングメモリの特性を明らかにすることを目的として行われた実験研究をまとめたものである。</p> <p>本論文では、まず視覚性ワーキングメモリに関する先行研究をレビューし、既存研究の問題点と本研究の目的やアプローチについて述べた(第1章)。次に、実際に行った三つの研究を記述した(第2-4章)。その後、得られた結果、ならびにこれまでの知見を踏まえ、総合的な考察を展開した(第5章)。最後に結論を述べた(第6章)。</p> <p>第1章では、視覚性ワーキングメモリ研究の背景と意義、そして近年の研究状況について概観した。ついで、既存研究の問題点として理論に生態学的妥当性が欠けていることが指摘された。近年の視覚性ワーキングメモリ研究は記憶項目として極めて単純な刺激を用いることが多く、その結果現実の複雑な視覚世界における記憶の働きについての知見が乏しい。複雑かつ生態学的に意味のある刺激を用いた研究を行うという本研究の目標とその理論的意義について記述した。</p> <p>第2章では、ワーキングメモリにおける記憶表象の形成過程と記憶容量について、歩行動作のバイオロジカルモーションを記憶項目として検討した実験研究が報告された。遅延再生課題を用いて記憶精度と記憶容量を測定した実験の結果、バイオロジカルモーションの記憶形成は数秒間かけて緩やかに進行する過程であることが示された。これは、ワーキングメモリへの視覚情報の符号化や固定化はおよそ100ミリ秒ほどで完了する極めて素早い処理過程であるという色や線分などの単純な刺激を用いた研究の結果とは対照的である。運動情報は知覚や記憶の過程により長い処理時間を要すること、また、生態学的に重要な刺激は長い時間の観察を通して効率的な記憶表象を形成できることが、このような結果の背景にあることが議論された。</p> <p>第3章では、物体の表面質感、特に光沢に着目し、照明環境の変動に対してこれらを安定的に記憶できるかという照明変化に対する恒常性の問題を検討した。知覚研究の文脈では、光沢感などの質感情報は照明の変化に対する恒常性があることが報告されている。他方、記憶した物体質感について、記銘時と異なる視環境においてそれを正しく再認することが可能か、つまり記憶における恒常性についてはこれまでほとんど知見がなかった。調整法を用いた実験の結果、光沢記憶には恒常性があることが明らかになった。また、知覚研究において明らかになっていた二種類の光沢次元の独立性が記憶においても見られ、光沢記憶の恒常性は知覚のメカニズムと共通の基盤を持つことが示唆された。</p> <p>第4章では、第3章で見られた光沢知覚と記憶の共通性について、計算モデルを用いた検討を行った。光沢知覚には画像が持つ統計量が知覚手がかりになっていると報告されている。この知見に基づき、刺激画像の輝度分布のモーメント統計量の距離を比較することで、光沢調整課題の反応を行っているとするモデルを作成した。分析の結果、刺</p>			

刺激の種類によってどのような画像特徴が寄与しているかに違いが見られた。一方で、知覚と記憶はそれに関与する画像特徴のパターンがよく似ていることが示された。この結果は、光沢の知覚表象と記憶表象は共通した情報表現を持つことを示唆する。

第5章では、第2章から第4章までの研究成果を総括し、その理論的意義について考察した。複雑かつ生態学的に意味のある刺激に対してワーキングメモリが効果的に機能する理由について、認知の適応的性質や知覚と記憶の共通性等の理論的観点から説明を行った。また、視覚記憶研究における生態学的妥当性概念の今日的な重要性について述べ、それを達成するために今後どのような研究のアプローチをとることが有効かについて考察した。

第6章では、結論として、たとえ視覚的に複雑であっても生態学的に意味のある刺激や課題に対して人間の記憶システムは効果的に機能することが述べられた。

(論文審査の結果の要旨)

本学位申請論文は、生態学的に意味のある複雑な刺激を用いて高次視覚特徴に対するワーキングメモリの特性の解明を目指して行われた3つの実証的研究を取りまとめたものである。視覚性ワーキングメモリは認知神経科学の中心テーマの一つと言えるほど多くの研究が行われており、神経メカニズムを含めた精緻な理論モデルが構築されている。しかし、その大多数は、色や線分方位などの極めて単純な刺激を用いており、我々が日常的に接している複雑な視覚刺激に関する検討はわずかである。ワーキングメモリが複雑な視覚環境に対して限られた処理容量で適応的に行動するために発達してきた機能であることを考慮すると、生態学的妥当性の低い刺激のみで研究を進めることには問題がある。申請者はこうした問題意識に基づき、バイオロジカルモーションと物体の表面質感という生態学的に重要な意義を持つ刺激を用いて、心理学実験と計算論的モデル研究により視覚性ワーキングメモリの特性を検討し、いくつかの重要な知見を得た。

学位申請者が行った研究は、以下のことを明らかにした。

(1) バイオロジカルモーション刺激を用いて、複雑な物体の運動方向のワーキングメモリ表象の形成は緩やかに進むことを明らかにした。色や線分方位を用いたワーキングメモリ研究は、記憶の符号化や固定化の過程が100ミリ秒程度で完了し、それ以降は記憶精度が向上しないことを一貫して示しているが、バイオロジカルモーション刺激の場合は、数秒間にわたって記憶精度が向上し続けることを示した。この成果は、単純な刺激と生態学的妥当性の高い複雑な刺激では記憶形成の過程が質的に異なる可能性を示唆している。遅延再生課題を用いて、複雑な視覚刺激に対して記憶精度の精密な測定を可能にしている点、多くの統制実験を重ねることで他の解釈可能性を排除できている点でも高く評価できる。

(2) 物体の光沢感の知覚と記憶を比較検討し、照明変化に対する恒常性に関して両者に共通の基盤があることを明らかにした。自然照明下では、光沢感の知覚が照明変化に対する恒常性を持つことが分かっているが、光沢感の記憶に関しては不明であった。本研究は、知覚課題と記憶課題をできる限り等価な状態で比較検討し、調整法を用いてマッチングの精度を測定することにより、照明変化に対する恒常性を定量的に測定することに成功した。その結果、記憶課題においても知覚課題とほぼ同程度の恒常性を持つことが示された。また、光沢感を構成する二つの心理物理学的次元である、粗さと鏡面反射成分がほぼ独立である点でも知覚と記憶は共通していることを示した。本研究は、光沢感の視覚性ワーキングメモリにおいて恒常性を定量的に検討した世界初の研究であり、その意味で重要な知見である。しかしながら、セットサイズ、保持期間、符号化時間の効果など記憶研究として検討すべき多くの問題が残されており、さらなる検討が必要である。

(3) 光沢感の知覚と記憶における反応バイアスのデータを計算論的モデルによって解析し、知覚と記憶が共通のメカニズムに基づいていることを明らかにした。行動実験データから、鏡面反射、粗さの判断において、反応バイアスが存在し、特に粗さ判断においては中心化バイアスとは異なる傾向が観察された。また、記憶課題においてバイアスが拡大している傾向があった。申請者は画像統計量の組合せによって人間の光沢判断データを説明する計算論的モデルを構築し、反応バイアスの知覚課題と記憶課題の間に見られる差異は、記憶課題においてある特定の情報が減衰していることによるのではなく、知覚情報の全般的な減衰でよりよく説明できることを示した。さらに、最先端の解析手法である表象類似性解析を用いて、光沢感の知覚と記憶に関与

する画像特徴が極めて類似していることを明らかにした。これらの知見は、物体表面の光沢感の視覚性ワーキングメモリにおいては、保持期間中にある特定の画像特徴が選択的に減衰するのではなく、知覚表象が全般的に減衰していることを示唆しており、視覚性ワーキングメモリ表象が知覚表象と同じ領域で保持されとする最近の知見と一致している。本研究の成果は、知覚表象とワーキングメモリ表象の関係の理解を大きく前進させるものである。

申請者は、以上の実験結果、及び先行研究の知見を総合し、生態学的に重要な意味を持つ刺激はそれが複雑であっても視覚性ワーキングメモリの中で効率的に保持されると主張した。また、バイオロジカルモーションは記憶の符号化が緩やかに進むこと、物体の表面質感の記憶は照明変化に対する恒常性を示すこと等、従来検討されてきた単純な視覚刺激を用いた知見とは異なる特性を持つことを明らかにした。このことは、複雑な刺激を用いたさらなる体系的な研究の必要性を強く示唆する。他方、知覚と視覚性ワーキングメモリの間に強い共通性があるという知見は、これまでの研究と一貫しており、知覚とワーキングメモリの関連を生態学的妥当性の高い状況で検討する将来の研究の方向性を示していると言える。全体として、本研究は、高次視覚特徴のワーキングメモリの特性に関する理解を大きく前進させたと評価できる。別の高次視覚特徴への一般化など今後解決すべき問題は多いが、本研究は、高次視覚特徴のワーキングメモリを定量的に検討するための基盤となる知見と方法論、今後の研究の指針を示したと言える。

よって、本論文は博士（人間・環境学）の学位論文として価値あるものと認める。また、平成31年1月29日、論文内容とそれに関連した事項について試問を行った結果、合格と認めた。

なお、本論文は、京都大学学位規程第14条第2項に該当するものと判断し、公表に際しては、当該論文の全文に代えてその内容を要約したものとすることを認める。

要旨公表可能日： 年 月 日以降